Estruturas de Dados
2019/2020

Aula 04

- Colecção Stack
- Interface `StackADT`
- Implementação em *array*
- Implementação em lista ligada

Ricardo Santos
rjs@estgf.ipp.pt

ESTG POLITÉCNICO DO PORTO

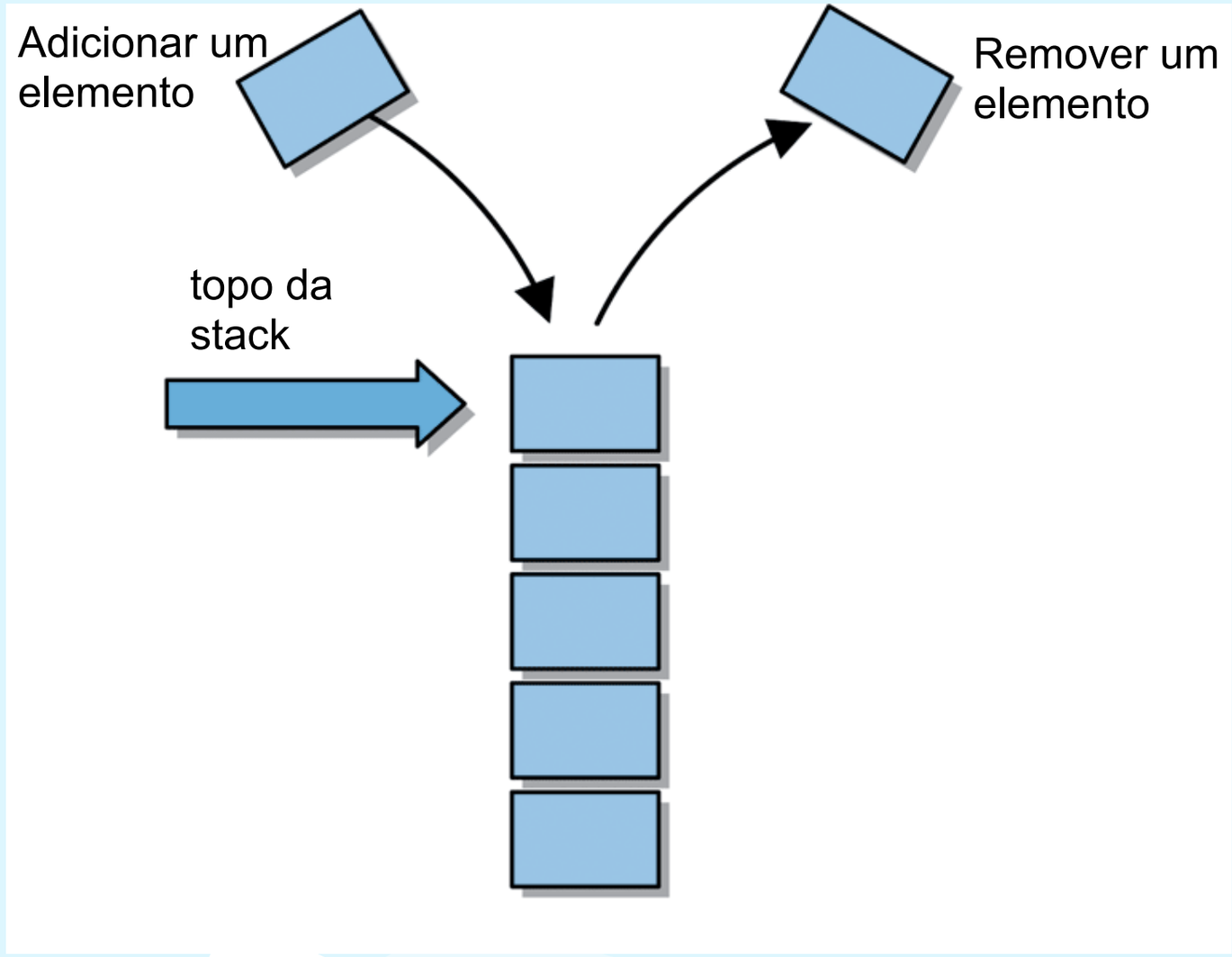
Introdução

+ Nas listas a ordem pela qual são colocados os itens não é considerada importante
+ Existem situações onde esta informação tem de ser mantida
+ A ***Stack*** representa uma colecção em que os elementos são colocados pela ordem em que são inseridos
+ Em qualquer momento, apenas um elemento da ***Stack*** pode ser removido, e esse é o elemento que menos tempo esteve na ***Stack***

Colecção Stack

- Uma colecção de pilha (***Stack***) organiza os elementos da seguinte forma: ultimo a entrar primeiro a sair (***Last-in-First-Out*** LIFO)
- É muito similar a uma pilha de pratos, livros, etc
- Apenas podemos colocar novos elementos no topo da pilha (***Stack***)
- Apenas podemos remover elementos do topo da pilha (***Stack***)

Vista conceptual de uma Stack



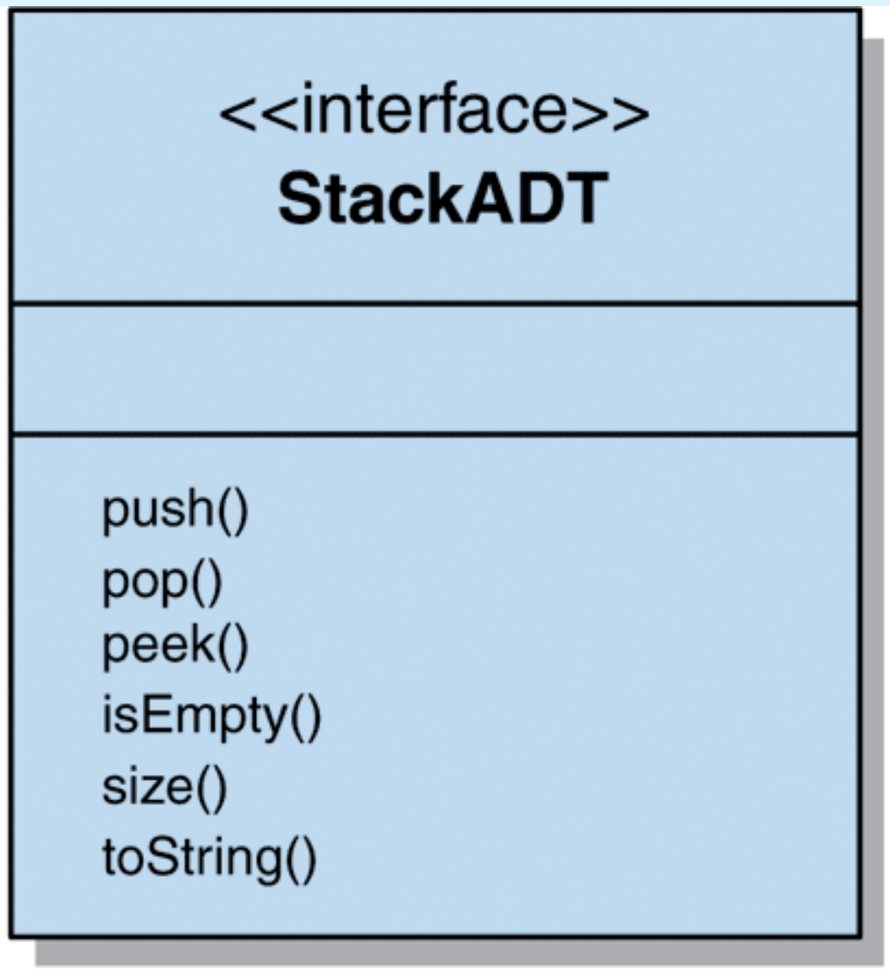
Operações da colecção

- Cada colecção tem um conjunto de operações que definem a forma como interagimos com ela
- Geralmente incluem funcionalidades para o utilizador:
  - adicionar e remover elementos
  - determinar se a colecção está vazia
  - determinar o tamanho da colecção

Operações da Stack

Operation	Description
`push`	Adds an element to the top of the stack.
`pop`	Removes an element from the top of the stack.
`peek`	Examines the element at the top of the stack.
`isEmpty`	Determines if the stack is empty.
`size`	Determines the number of elements on the stack.

Interface StackADT



Interface StackADT

```
public interface StackADT<T> {

    /**  Adds one element to the top of this stack.
     *   @param element element to be pushed onto stack
     */
    public void push(T element);

    /**  Removes and returns the top element from this stack.
     *   @return T element removed from the top of the stack
     */
    public T pop();

    /**  Returns without removing the top element of this stack.
     *   @return T element on top of the stack
     */
    public T peek();
```

```
    /**  Returns true if this stack contains no elements.
     *   @return boolean whether or not this stack is empty
     */
    public boolean isEmpty();

    /**  Returns the number of elements in this stack.
     *   @return int number of elements in this stack
     */
    public int size();

    /**  Returns a string representation of this stack.
     *   @return String representation of this stack
     */
    @Override
    public String toString();
}
```

Usar Stacks

- As pilhas (***Stacks***) são particularmente úteis na resolução de certos tipos de problemas
- Considere a operação de voltar atrás de uma operação numa aplicação
  - mantém o controlo das operações mais recentes em ordem inversa

Expressões Postfix

- Vamos examinar um programa que utiliza uma pilha para avaliar expressões ***postfix***
- Numa expressão ***postfix***, o operador vem depois dos seus dois operandos
- Geralmente nós usamos a notação ***infix***, com parênteses para forçar a precedência:

```
( 3 + 4 ) * 2
```

- Em notação ***postfix*** seria escrito da seguinte forma

```
3  4  +  2  *
```

- O cálculo:

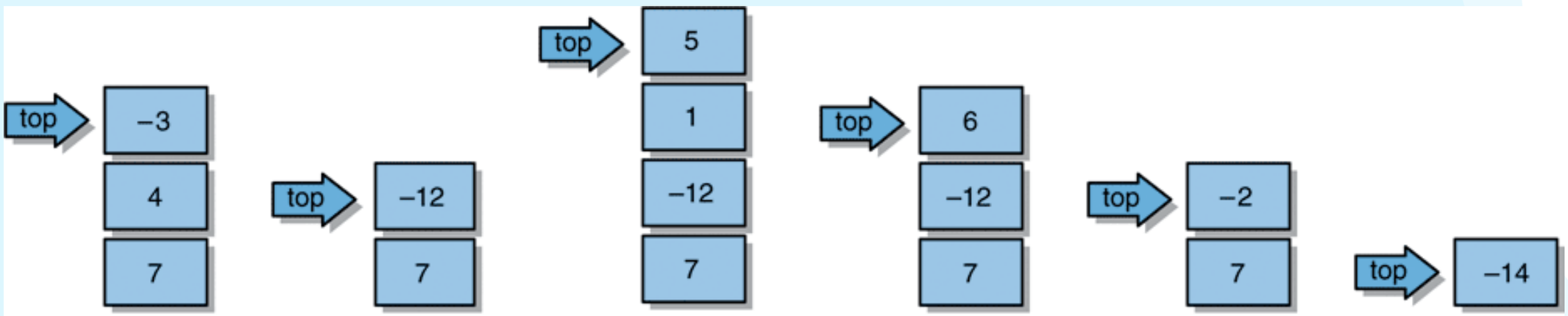
```
((1 + 2) * 4) + 3
```

- também pode ser escrito com recurso à notação ***postfix*** com a vantagem de não ser necessária nenhum regra de precedência nem parêntesis

```
1 2 + 4 * 3 +
```

- A expressão é avaliada da esquerda para a direita com recurso a uma pilha (***Stack***):
  - quando for encontrado um operando fazer o `push`
  - quando for encontrado um operador fazer o `pop` de dois operandos e avaliar o resultado, de seguida fazer o `push` do resultado

Usar uma stack para avaliar expressões postfix



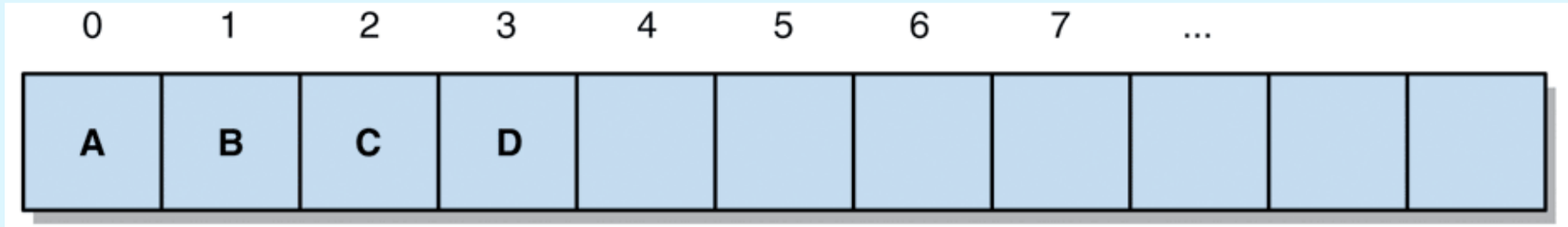
7 4 -3 * 1 5 + / *

Implementar uma Stack com recurso a um array

+ Agora vamos examinar a implementação de uma pilha (***Stack***) baseada num *array*

- Vamos tomar as seguintes decisões de projecto a seguir:
  - manter um ***array*** de referências genéricas
  - o fundo da pilha está no índice 0
  - os elementos da pilha estão em ordem e contíguas
  - uma variável inteira ***top*** armazena o índice do próximo ***slot*** disponível no ***array***
- Esta abordagem permite que a pilha possa aumentar e diminuir nos maiores índices

Implementação de uma stack com um array



ArrayStack

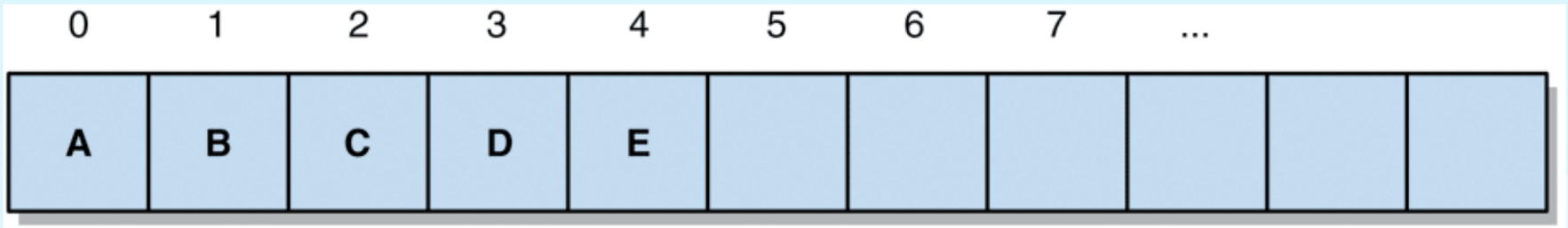
```
public class ArrayStack<T> implements StackADT<T> {

  /**
   * constant to represent the default capacity of the array
   */
  private final int DEFAULT_CAPACITY = 100;
  /**
   * int that represents both the number of elements and the next
   * available position in the array
   */
  private int top;

  /**
   * array of generic elements to represent the stack
   */
  private T[] stack;
```

```
/**
 * Creates an empty stack using the default capacity.
 */
public ArrayStack()
{
  top = 0;
  stack = (T[])(new Object[DEFAULT_CAPACITY]);
}

/**
 * Creates an empty stack using the specified capacity.
 * @param initialCapacity represents the specified capacity
 */
public ArrayStack (int initialCapacity)
{
  top = 0;
  stack = (T[])(new Object[initialCapacity]);
}
```

ArrayStack: Operação push

```
/**
 * Adds the specified element to the top of this stack,
 * expanding the capacity of the stack array if necessary.
 * @param element generic element to be pushed onto stack
 */
public void push (T element)
{
  if (size() == stack.length)
    expandCapacity();

  stack[top] = element;
  top++;
}
```

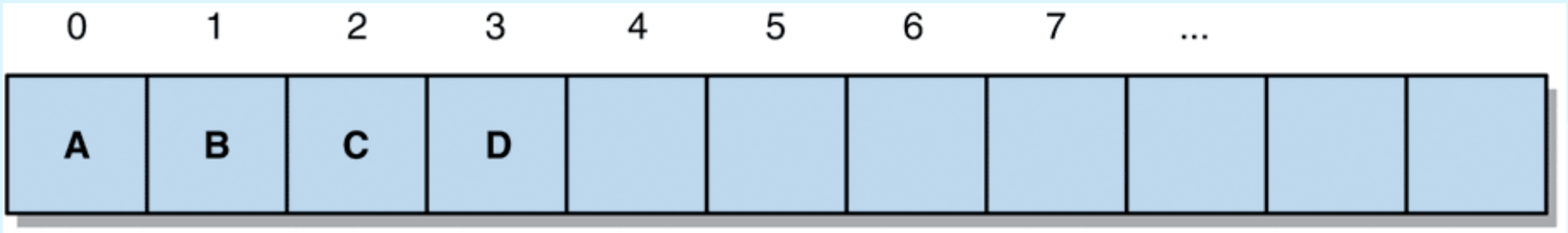
Stack depois de realizar o push do elemento E



ArrayStack: Operação pop

```
/**
 * Removes the element at the top of this stack and
 * returns a reference to it.
 * Throws an EmptyCollectionException if the stack is empty.
 * @return T element removed from top of stack
 * @throws EmptyCollectionException if a pop
 * is attempted on empty stack
 */
public T pop() throws EmptyCollectionException {
  if (isEmpty())
    throw new EmptyCollectionException("Stack");

  top--;
  T result = stack[top];
  stack[top] = null;

  return result;
}
```

Stack depois de realizar o pop do elemento top



ArrayStack: Operação peek

```
/**
  * Returns a reference to the element at the top of this stack.
  * The element is not removed from the stack.
  * Throws an EmptyCollectionException if the stack is empty.
  * @return T element on top of stack
  * @throws EmptyCollectionException if a
  * peek is attempted on empty stack
  */
public T peek() throws EmptyCollectionException
{
  if (isEmpty())
    throw new EmptyCollectionException("Stack");

  return stack[top-1];
}
```

Outras Operações

- A operação `size` implica encontrar uma forma de devolver o número de elemento na ***Stack***
- A operação `isEmpty` retorna `true` se a ***Stack*** estiver vazia e `false` caso contrário
- A operação `toString` concatena uma `String` composta pelo resultado das operações `toString` de cada um dos elementos na ***Stack***

Análise da Operações da Stack

- Como as operações da ***Stack*** funcionam todas numa ponta da colecção são geralmente eficientes
- As operações `push` e `pop` para a implementação em ***array*** são **O(1)**
- Pelo mesmo motivo as outras operações serão também **O(1)**

Agora vamos realizar a implementação da Stack recorrendo a uma lista ligada

Implementar uma Stack com uma lista ligada

- Podemos usar uma lista ligada para implementar uma colecção ***Stack***

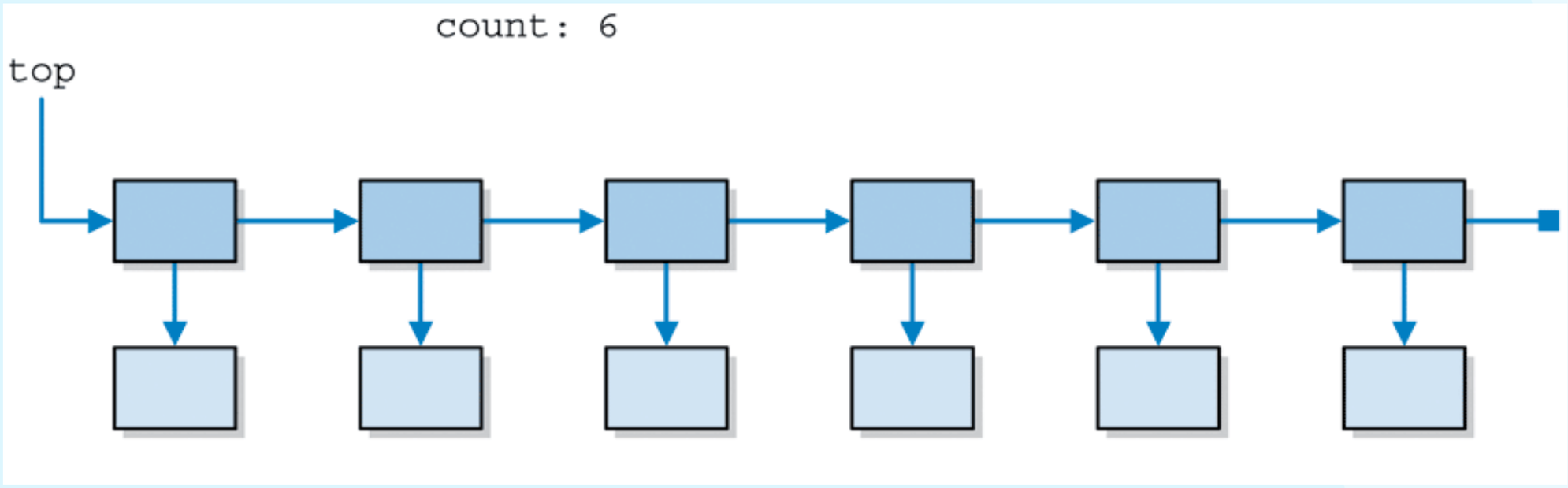
- No entanto, primeiro teremos de criar a classe que irá representar o nó na lista

Classe LinearNode

```
public class LinearNode<T> {
    /** reference to next node in list */
    private LinearNode<T> next;
    /** element stored at this node */
    private T element;

    /**Creates an empty node.*/
    public LinearNode() {
        next = null;
        element = null;
    }

    /**
     * Creates a node storing the specified element.
     * @param elem element to be stored */
    public LinearNode(T elem) {
        next = null;
        element = elem;
    }
```

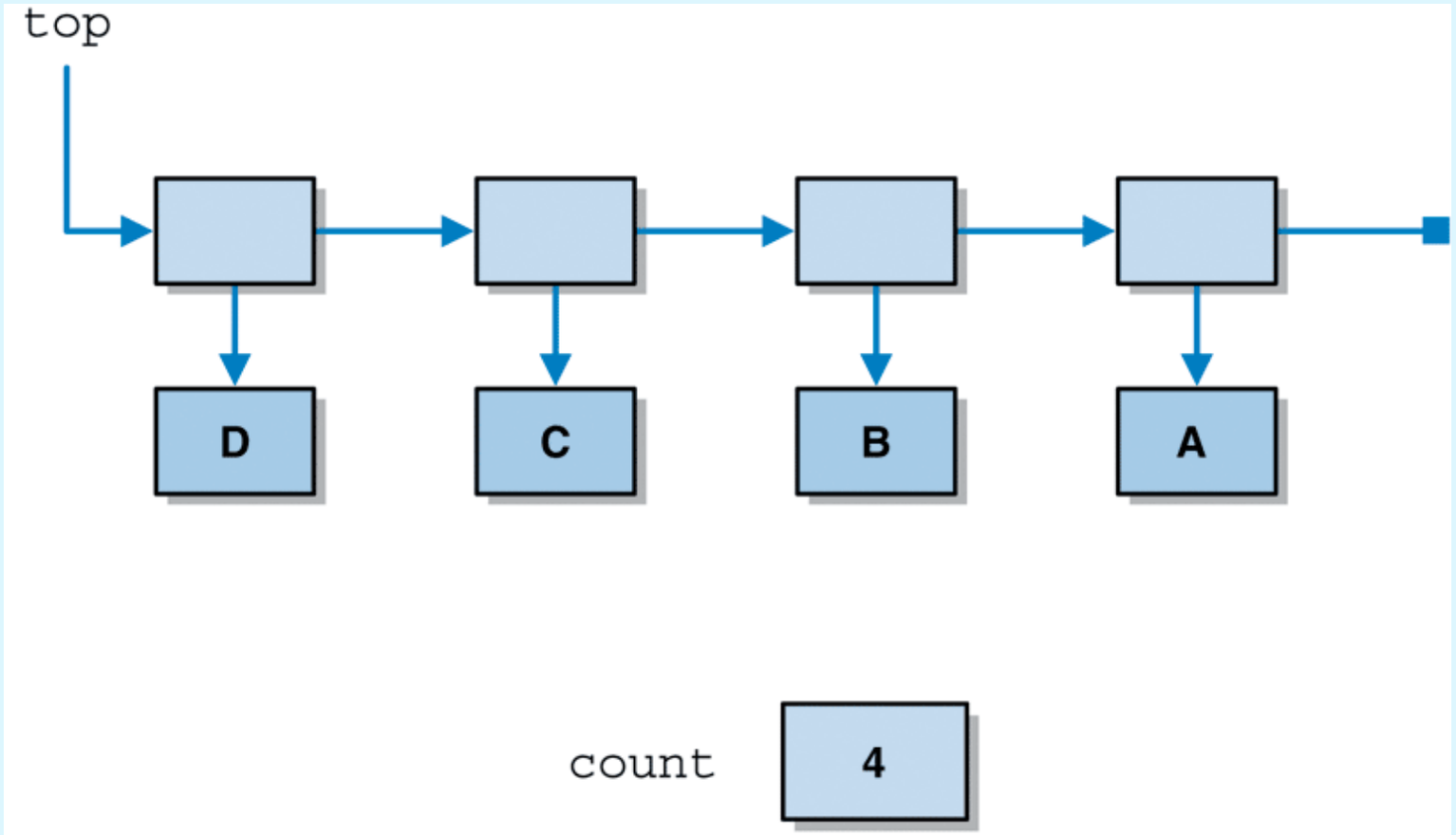
```
    /**
     * Returns the node that follows this one.
     * @return LinearNode<T> reference to next node*/
    public LinearNode<T> getNext() {
        return next;
    }

    /**
     * Sets the node that follows this one.
     * @param node node to follow this one*/
    public void setNext(LinearNode<T> node) {
        next = node;
    }

    /**
     * Returns the element stored in this node.
     * @return T element stored at this node*/
    public T getElement() {
        return element;
    }

    /**
     * Sets the element stored in this node.
     * @param elem element to be stored at this node*/
    public void setElement(T elem) {
        element = elem;
    }
}
```

Implementação de uma colecção Stack com uma lista ligada



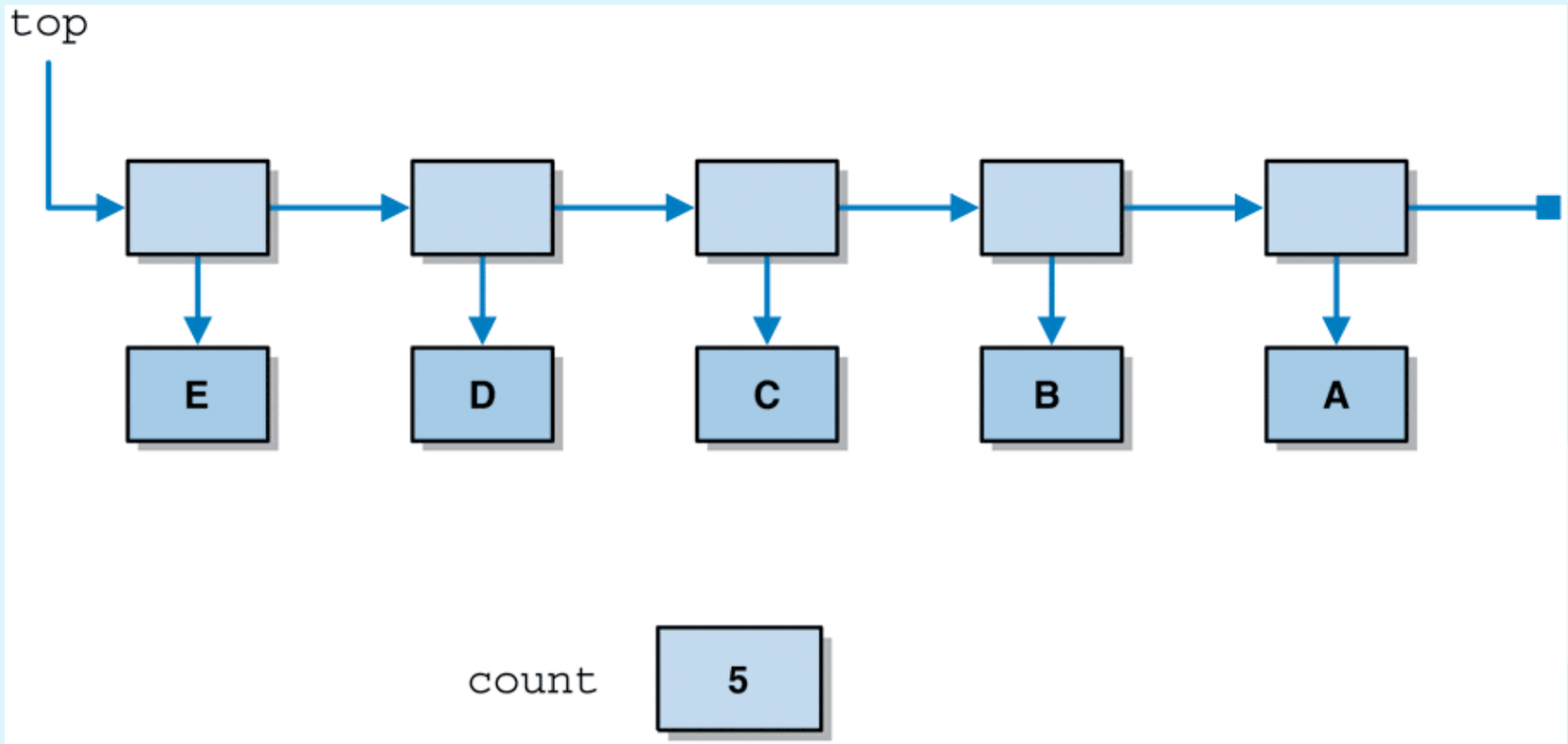
- **Exercício**: Implementar a `LinkedStack`

Stack inicial



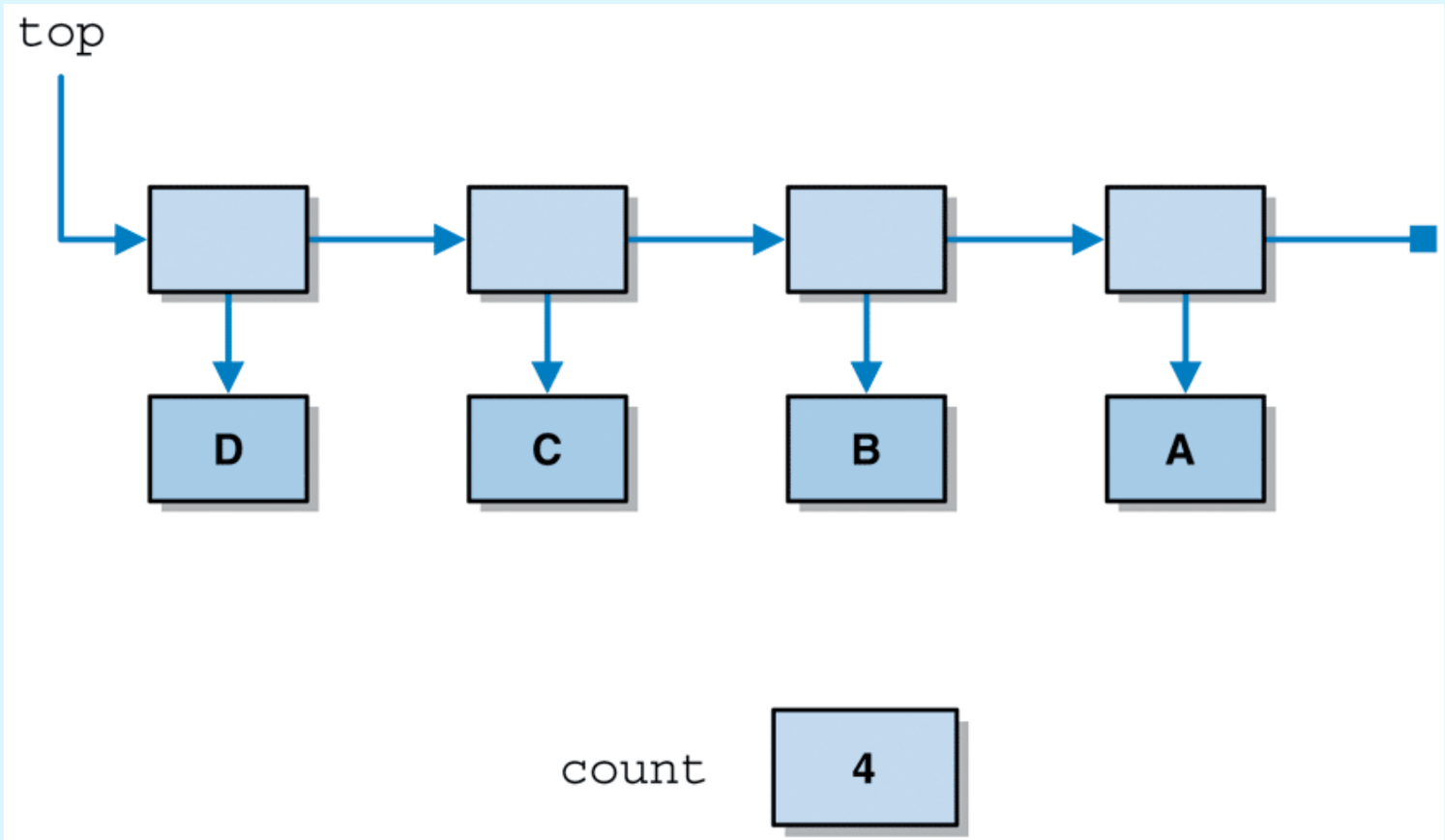
+ Recorrendo a uma implementação com lista ligada

LinkedStack: Operação push



+ Como implementar esta operação?

LinkedStack: Operação pop



+ Como implementar esta operação?

- **Exercício**: Implementar as operações:
  - push
  - pop

Outras operações

- Ao usarmos a implementação em lista ligada a operação `peek` é implementada retornando a referência para **top**
- A operação `isEmpty` retorna `true` se o contador de elementos é 0, e `falso` caso contrário
- A operação `size` retorna simplesmente o contador do elementos da pilha (***Stack***)
- A operação `toString` pode ser implementada percorrendo a lista ligada

- **Exercício**: Implementar estas operações!

Análise das operações da Stack

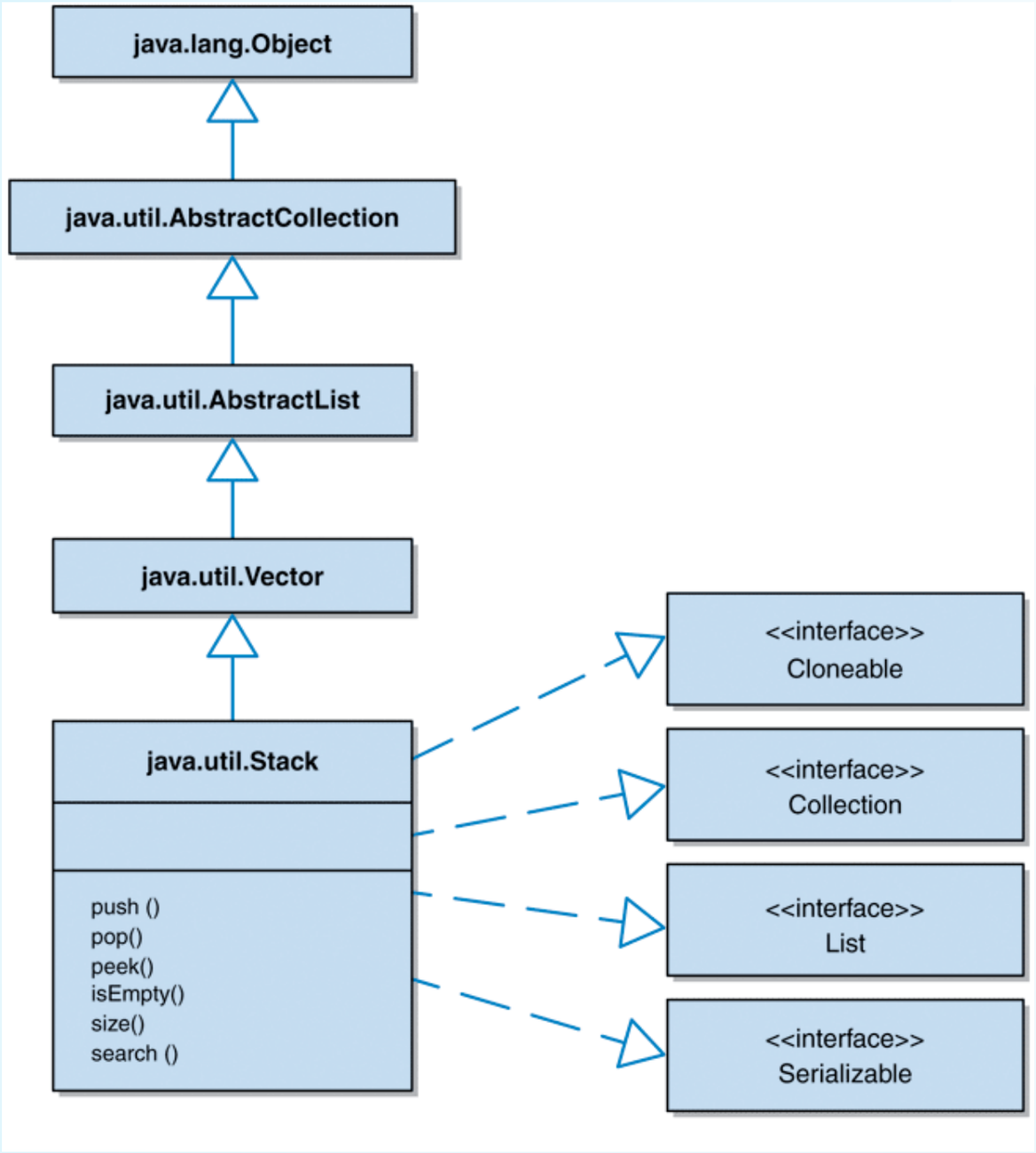
+ Tal como para as operações da `ArrayStack`, as operações da `LinkedStack` trabalham numa ponta da colecção o que a torna de uma forma geral eficiente

+ As operações `push` e `pop` da implementação em lista ligada são **O(1)**

+ Assim como as outras operações que são também **O(1)**

A classe java.util.Stack

- A plataforma de colecções do Java define uma classe `Stack` com operações similares
- É uma classe que deriva da classe `Vector` e apresenta algumas características que não são apropriadas para uma pilha (***Stack***) pura
- A classe `java.util.Stack` já existe desde a versão original do Java e tem sido adaptada para a plataforma de colecções actual


java.lang.Object
java.util.AbstractCollection
java.util.AbstractList
java.util.Vector
java.util.Stack
push ()
pop()
peek()
isEmpty()
size()
search ()
<<interface>>
Cloneable
<<interface>>
Collection
<<interface>>
List
<<interface>>
Serializable